



FPT607 US21P

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月 5日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-028208

[ ST.10/C ]:

[ JP 2001-028208 ]

出 願 人

Applicant(s):

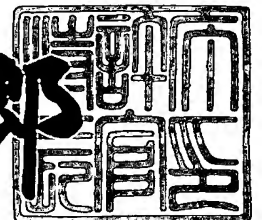
古河電気工業株式会社



2002年 9月10日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2002-3068299

【書類名】 特許願

【整理番号】 A00612

【提出日】 平成13年 2月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/42

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 樋口 毅

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 築地 直樹

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 白井 武広

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 岩瀬 正幸

【特許出願人】

    【識別番号】 000005290

    【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100090022

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 長門 侃二

    【電話番号】 03-3459-7521

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-307638

【出願日】 平成12年10月 6日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007537

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9721465

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 受光アレイ素子、受光モジュール及び受光モジュールと光コネクタとの接続構造

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 単一の基板の一方の面に吸収層及びクラッド層が形成されると共に前記クラッド層にアノードが、他方の面にカソードが、それぞれ形成され、複数の受光領域を有する受光アレイ素子において、前記一方の面に、隣接する受光領域間における光の伝播を遮断する遮断溝が、前記吸収層を分断する位置まで形成されていることを特徴とする受光アレイ素子。

【請求項 2】 前記カソードは、前記各受光領域に対応する位置に開口が形成されている、請求項 1 の受光アレイ素子。

【請求項 3】 前記開口に反射防止層が形成されている、請求項 2 の受光アレイ素子。

【請求項 4】 前記吸収層の厚さが  $6\ \mu\text{m}$  以上である、請求項 1 乃至 3 いずれかの受光アレイ素子。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の受光アレイ素子を設けた光学ベンチと、該光学ベンチが固定されると共に、前記受光アレイ素子に電気接続された電気配線を有するパッケージとが設けられていることを特徴とする受光モジュール。

【請求項 6】 前記光学ベンチは、前記受光アレイ素子側からの漏れ光を透過する素材である、請求項 5 の受光モジュール。

【請求項 7】 前記光学ベンチは、前記受光アレイ素子側からの漏れ光の反射を防止する反射防止部が設けられている、請求項 5 の受光モジュール。

【請求項 8】 請求項 5 乃至 7 の受光モジュールと、光コネクタフェルール及び光ファイバを備えた光コネクタとを接続したことを特徴とする受光モジュールと光コネクタとの接続構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数のフォトダイオードを配列した受光アレイ素子、この受光アレイを備えた受光モジュール及び受光モジュールと光コネクタとの接続構造に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

フォトダイオードを用いた従来の受光アレイ素子、例えば、図6に示すプレナー型の受光アレイ素子1は、基板( $n\text{-InP}$ )1aの一方の面に吸収層( $i\text{-InGaAs}$ )1b及びクラッド層( $i\text{-InP}$ )1cが、吸収層1b及びクラッド層1cには $Zn$ を拡散させて形成される $p^+$ 領域である4つの受光領域1dが、それぞれ形成されると共にクラッド層1cに複数の陽極リング1eが、他方の面全体に $Au$ と $Ge$ の薄膜からなる陰極1fが、それぞれ形成されている。受光アレイ素子1は、入射光が吸収層1bで電気に変換され、陽極リング1eから光電流として出力される。

#### 【0003】

ここで、図6は、図面中における線の錯綜を避けるため、ハッチングを省略して表わしており、以下の説明で用いる図1、図3及び図5も同様である。

上記構造の受光アレイ素子は、所定の受光領域1dへの入射光が、吸収層1bに沿って隣接した受光領域1dへ迷光となって矢印Aで示すように到達したり、基板1aが光学的に透明なことから、吸収層1bで電気に変換されなかった矢印Bで示す光が、基板1a内へ透過したときに陰極1fとの境界面で反射し、基板1a内を拡散して隣接する受光領域1dへ迷光となって到達することがあり、光入力がないにも拘わらず光電流が出力されるクロストークが発生するという問題があった。

#### 【0004】

本発明は上記の点に鑑みてなされたもので、隣接する受光領域間におけるクロストークの発生を抑制可能な受光アレイ素子、この受光アレイを備えた受光モジュール及び受光モジュールと光コネクタとの接続構造を提供することを目的とする。

#### 【0005】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため本発明の受光アレイ素子においては、単一の基板の一方の面に吸収層及びクラッド層が形成されると共に前記クラッド層にアノードが、他方の面にカソードが、それぞれ形成され、複数の受光領域を有する受光アレイ素子において、前記一方の面に、隣接する受光領域間における光の伝播を遮断する遮断溝が、前記吸収層を分断する位置まで形成されている構成としたのである。

## 【0006】

好ましくは、前記カソードは、前記各受光領域に対応する位置に開口を形成する。

また好ましくは、前記開口に反射防止層を形成する。

更に好ましくは、前記吸収層の厚さを  $6\mu\text{m}$  以上とする。

また、上記目的を達成するため本発明の受光モジュールにおいては、前記受光アレイ素子を設けた光学ベンチと、該光学ベンチが固定されると共に、前記受光アレイ素子に電気接続された電気配線を有するパッケージとが設けられている構成としたのである。

## 【0007】

好ましくは、光学ベンチは、前記受光アレイ素子側からの漏れ光を透過する素材とする。

また好ましくは、前記光学ベンチは、前記受光アレイ素子側からの漏れ光の反射を防止する反射防止部を設ける。

更に、上記目的を達成するため本発明の受光モジュールと光コネクタとの接続構造においては、前記受光モジュールと、光コネクタフェルール及び光ファイバを備えた光コネクタとを接続した構成としたのである。

## 【0008】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の受光アレイ素子及び受光モジュールに係る一実施形態を、例えば、PIN構造のフォトダイオードを用いたプレナー型の受光アレイ素子の場合について図1乃至図5に基づいて詳細に説明する。

受光アレイ素子5は、図1に示すように、 $n + \text{InP}$ からなる基板5aの一方の面に $n - \text{InP}$ からバッファ層5mを介して $i - \text{InGaAs}$ からなる吸収層5b及び $i - \text{InP}$ からなるクラッド層5cが形成され、吸収層5b及びクラッド層5cにはZnを拡散させた $p +$ 領域である4つの受光領域5dが一方向に沿って形成されている。ここで、受光領域5dは、一方向に形成されるものに限定されるものではなく、2次元方向に複数形成されていてもよい。クラッド層5cの表面には、複数のリング状の陽極（アノード）5eが形成されている。

## 【0009】

ここで、バッファ層5mは、基板5aと吸収層5bとの格子不整合を緩和する層として機能するものであるから、受光アレイ素子5にとって必ずしも必要ではない。

また、受光アレイ素子5では、基板5aの他方の面に開口5fを有するAuとGeの薄膜からなる陰極5gが形成されている。開口5fは、受光領域5dに対向する位置に形成されている。そして、受光アレイ素子5は、図1及び図2に示すように、隣接する受光領域5d間に、受光領域5d間における光（ここでは赤外領域の光）の伝播を遮断する遮断溝5hが、吸収層5bを分断する基板5aに至る位置まで形成され、クラッド層5c側の陽極5eを除く面全体並びに各開口5fに、窒化珪素（ $\text{SiN}_x$ ）からなる保護膜としての機能を有する反射防止層5j、5kがそれぞれ設けられている。

## 【0010】

受光アレイ素子5は、以上のように構成され、以下のようにして製造される。

まず、図3（a）に示すように、基板5aの一方の面に $\text{InGaAs}$ からなる吸収層5bと $\text{InP}$ からなるクラッド層5cとを形成する。

次に、クラッド層5c側にエッチングを施し、図3（b）に示すように、吸収層5bを超えて基板5aに至る深さを有し、受光領域5d間を遮断する複数の遮断溝5hを形成する。このとき用いるエッチング方法としては、例えば、ドライエッチング又は溶液によるウェットエッチング等がある。ここで、遮断溝5hは、可能ならば機械加工によって形成してもよい。

## 【0011】

次いで、図3(c)に示すように、吸収層5b及びクラッド層5cに気相又は固相拡散によってZnを拡散させ、点線で示される4つの受光領域5dを形成する。

しかる後、図3(d)に示すように、クラッド層5c側の面全体に窒化珪素(SiNx)からなる反射防止層5jをPCVD(Plasma Chemical Vapor Deposition)法によって形成する。

#### 【0012】

次に、クラッド層5cからドライエッチング又は溶液を用いるウェットエッチングによって反射防止層5jをリング状に除去し、除去したリング状の部分に電子ビーム蒸着を用いてTi/Pt/Auからなる陽極5eを形成する(図3(e)参照)。

陽極5eの形成に当たっては、遮断溝5hが逆テーパ状のV溝状であることを考慮し、パターン形成並びにリフトオフ工程が容易となるように、粘度が25.90mPa・s、光感度150-240mJ・cm<sup>2</sup>のPGMMEA(プロピレン・グリコール・モノメチル・エーテル・アセテート)からなるフォトレジストを用いた。

#### 【0013】

次いで、図3(e)に示すように、基板5aの他方の面に開口5fを有するAuとGeの薄膜からなる陰極5gを形成することにより、4つの受光領域5d、即ち、4チャンネルの受光領域5dを有する図1に示す受光アレイ素子5の製造が完了する。

但し、各開口5fに、窒化珪素(SiNx)からなる反射防止層5kをPCVDを用いて形成してもよい。

#### 【0014】

受光アレイ素子5は、このように4チャンネルの受光領域5dを有している。このため、受光アレイ素子5は、各受光領域5dに入射した光は吸収層5bで電気に変換され、陽極5eから光電流として出力されてゆく。このとき、受光アレイ素子5は、隣接する受光領域5d間に遮断溝5hが形成されている。従って、受光アレイ素子5においては、任意の1つの受光領域5dに入射した光は、遮断



溝 5 h によって隣接する受光領域 5 d への入射が遮断され、クロストークの発生が抑制される。

【0015】

しかも、受光アレイ素子 5 は、陰極 5 g に開口 5 f が複数形成され、各開口 5 f に反射防止層 5 k が形成されている。このため、受光アレイ素子 5 は、吸収層 5 b で電気に変換されずに基板 5 a 側に透過した漏れ光が存在しても、この漏れ光は基板 5 a の内面で反射されることなく反射防止層 5 k によって外部へ出射される。このため、受光アレイ素子 5 は、各開口 5 f に反射防止層 5 k を形成したことにより、基板 5 a 内面での反射に伴う迷光の発生が抑制され、この迷光が隣接する受光領域 5 d へ入射することがない。従って、受光アレイ素子 5 は、遮断溝 5 h を形成した効果に加えて、更にクロストークの発生が抑制される。

【0016】

このことを確認するため、図 6 に示す従来構造の受光アレイ素子、遮断溝 5 h のみを形成した受光アレイ素子 5、複数の開口 5 f のみを有する受光アレイ素子 5 の 3 種類を用意し、所定の陽極 5 e から出力された光電流の測定値に基づいてクロストーク値 (dB) を算出した。その結果を、図 6 に示す従来構造の受光アレイ素子におけるクロストーク値を基準とする標準偏差 ( $\sigma$ ) として表 1 に示す。

【0017】

ここで、表 1 においては、遮断溝 5 h のみを有する受光アレイ素子 5 の構造を「溝構造」と、反射防止層 5 k が形成された複数の開口 5 f のみを有する受光アレイ素子 5 の構造を「開口」と、それぞれ記した。また、表 1 においては、1 つの受光領域 5 d に光を入射させ、隣接する受光領域 5 d で測定されたクロストークの改善値を 1 c h の欄に、4 つの受光領域 5 d 中の 3 つに光を入射させ、残る 1 つの受光領域 5 d で測定されたクロストークの改善値を 3 c h の欄に、それぞれ記載した。更に、クロストークの改善値 (dB) は、次式に基づいて算出した。

$$\text{クロストークの改善値 (dB)} = -10 \times \log(I_{N0} / I_{IN})$$

ここで、それぞれ、 $I_{N0}$  は入射光がない受光部での光電流の測定値、 $I_{IN}$  は入射光がある受光部での光電流の測定値である。

【0018】

【表 1】

素子構造	光入力				サンプル数
	1 c h		3 c h		
	平 均	$\sigma$	平 均	$\sigma$	
遮断溝	-3.4 9	1.6 0	-2.8 3	1.4 1	n=6
開口	-2.7 5	1.2 7	-1.4 3	0.8 3	n=4

## 【0019】

表 1 に示す結果から、遮断溝 5 h を形成した受光アレイ素子 5 は、複数の開口 5 f のみを有する受光アレイ素子 5 に比べ、クロストークを低減する効果が大きいことが分かった。従って、遮断溝 5 h と複数の開口 5 f の双方を有する図 1 に示す受光アレイ素子 5 は、遮断溝 5 h のみ、あるいは複数の開口 5 f のみを有する受光アレイ素子よりも一層クロストークを低減することが可能である。

## 【0020】

そして、上記のように構成される受光アレイ素子 5 は、例えば以下のような構造の受光モジュールで用いられる。

即ち、図 4 (a) に示すように、受光モジュール 10 は、フェルール 11、光学ベンチ 13、電気接続用の配線部品 14、2 個のボール 15 及びリードフレーム 16 を備えている。

## 【0021】

フェルール 11 は、前壁 11 a、後壁 11 b 及び両側壁 11 c によって中央に四角形の開口からなる配置部 11 d が形成された角筒状の部材で、前壁 11 a には突出部 11 e が設けられている。フェルール 11 は、前壁 11 a 及び突出部 11 e を貫通する 2 つのピン孔 11 f が両側に形成され、2 つのピン孔 11 f 間に形成された 4 つのファイバ孔のそれぞれにシングルモードファイバやグレーデッドインデックスファイバ等の光ファイバ 12 が接着固定されている。光ファイバ 12 は、一端が突出部 11 e の前面と前壁 11 a の内面との長さに設定されている。

## 【0022】

光学ベンチ 13 は、受光アレイ素子 5 への入射光を透過する素材、例えば、セラミック、シリコン、樹脂成形体等が使用できるが、受光アレイ素子 5 からの漏

れ光が表面で反射されないように、光を透過もしくは吸収可能な素材（例えば、シリコン、透明素材あるいは黒色素材）としたり、光を通過させる孔又は光を吸収させるための凹部等の反射防止部を設けることが望ましい。この例では、透明素材であるシリコンからなる基板を用いた。光学ベンチ 1 3 は、受光アレイ素子 5 が前面中央に取り付けられると共に、前面に所定のリードパターン 1 3 a が形成されている。また、光学ベンチ 1 3 は、前面の受光アレイ素子 5 の両側に逆角錐台形状の凹部 1 3 b が設けられている。

#### 【 0 0 2 3 】

電気接続用の配線部品 1 4 は、裏面からリード（図示せず）が突出形成されている。

ボール 1 5 は、前壁 1 1 a の内面に開口するピン孔 1 1 f と凹部 1 3 b との間に配置され、受光アレイ素子 5 の各受光領域 5 d と対応する光ファイバ 1 2 とを位置決めする。

#### 【 0 0 2 4 】

リードフレーム 1 6 は、リードパターンが形成されたフレーム 1 6 a と、フレーム 1 6 a から先端が幅方向に延出するリード端子 1 6 b とを有している。

上記のように構成される受光モジュール 1 0 は、受光アレイ素子 5 の前面とフェルール 1 1 の前壁 1 1 a 内面との間が光透過性の接着剤で接着されると共に、配置部 1 1 d の上方から注入される合成樹脂によって光学ベンチ 1 3、電気接続用の配線部品 1 4、2 個のボール 1 5 及びリードフレーム 1 6 がフェルール 1 1 に封止される。

#### 【 0 0 2 5 】

そして、受光モジュール 1 0 は、各ピン孔 1 1 f に挿通したガイドピン 1 8 を介して対応する位置にピン孔が形成された MT (Mechanical Transferable) コネクタ等の光コネクタと突き合せ接続される。光コネクタは、図 4 (b) に示す光コネクタ 2 0 のように、光ファイバ 2 1 と、光ファイバ 2 1 の端部に固定される光コネクタフェルール 2 2 とを有し、両部材を接着剤等で固定した構造である。受光モジュール 1 0 では、前記光コネクタの複数の光ファイバによって伝送されてくる信号光が、対応する光ファイバ 1 2 を介して受光アレイ素子 5 の対応す

る受光領域 5 d に入射され、陽極 5 e から光電流として出力されてゆく。

#### 【 0 0 2 6 】

ここで、一般に、受光アレイ素子では、受光領域に入射した光は吸収層で電気に変換される。このため、受光アレイ素子は、理論上、吸収層が厚い方が光の吸収率が増加し、基板側へ透過する光量が減少する結果、クロストークの発生がより低減される。例えば、理論上、本実施形態例の受光アレイ素子では、吸収層 5 b の厚さが  $3 \mu\text{m}$  では吸収率が約 95% であるのに対し、厚さが  $6 \mu\text{m}$  になると約 99.8% となる。

#### 【 0 0 2 7 】

そこで、図 5 に示す構造の受光アレイ素子 7 を用意し、吸収層の厚さを変えて開口 7 f 側で測定される透過光の強度比較を行った。

受光アレイ素子 7 は、図 5 に示すように、 $n + \text{InP}$  からなる基板 7 a の一方の面に、 $n - \text{InP}$  からなるバッファ層 7 m を介して  $i - \text{InGaAs}$  からなる吸収層 7 b 及び  $n - \text{InP}$  からなるクラッド層 7 c が形成され、吸収層 7 b 及びクラッド層 7 c には Zn を拡散させた p+ 領域である 4 つの受光領域 7 d が長手方向に沿って形成されている。クラッド層 7 c は、表面に複数のリング状の陽極（アノード）7 e が形成されている。

#### 【 0 0 2 8 】

また、受光アレイ素子 7 は、基板 7 a の他方の面に開口 7 f を有する Au と Ge の薄膜からなる陰極 7 g が形成されている。開口 7 f は、受光領域 7 d に対応する位置に形成されている。

このとき、受光アレイ素子 7 は、前記バッファ層の厚さを  $1.2 \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、クラッド層 7 c の厚さを  $1.2 \pm 0.1 \mu\text{m}$  とし、吸収層 7 b の厚さが  $3 \pm 0.2 \mu\text{m}$  と  $6.0 \pm 0.4 \mu\text{m}$  の 2 種類用意した。

#### 【 0 0 2 9 】

そして、この 2 種類の受光アレイ素子 7 において、同一の位置にある開口 7 f 直下に光ファイバの先端を配置して開口 7 f から出射される透過光を光パワーメータへ導いて測定すると共に、受光領域 7 d における入射光を同様に測定し、透過率（＝透過光量／入射光量×100）として透過光の強度比較を行った。その

結果、受光アレイ素子 7 は、吸収層 7 b の厚さが  $3 \pm 0.2 \mu\text{m}$  のときは透過率が約 3 % であったのに対し、吸収層 7 b の厚さが  $6.0 \pm 0.4 \mu\text{m}$  のときには約 0.9 % と吸収層 7 b における光の吸収率が飛躍的に増加していた。このため、受光アレイ素子 7 は、吸収層 7 b の厚さを  $6.0 \mu\text{m}$  以上とすると、吸収層 7 b から基板 7 a 側へ透過する光量が減少し、クロストークの発生がより低減されることになる。

#### 【0030】

このように、吸収層 7 b の厚さを  $6 \mu\text{m}$  以上とする場合、受光アレイ素子 7 に遮断溝を設けるとときには、吸収層 7 b 同士を完全に分断するように、遮断溝の深さは  $9 \mu\text{m}$  以上とすることが好ましい。

尚、上記実施形態は、フォトダイオードが PIN 型の場合について説明した。しかし、本発明の受光アレイ素子は、上記に限定されるものでないことは言うまでもなく、例えば PN 型、ショットキー型あるいはアバランシェフォトダイオード等、内部光電効果を利用した全てのフォトダイオードが対象となる。

#### 【0031】

##### 【発明の効果】

請求項 1, 5 乃至 8 の発明によれば、隣接する受光領域間におけるクロストークの発生を抑制可能な受光アレイ素子、この受光アレイを備えた受光モジュール及び受光モジュールと光コネクタとの接続構造を提供することができる。

請求項 2 乃至 4 の発明によれば、遮断溝のみの場合に加えて更にクロストークの発生を抑制した受光アレイ素子を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本発明の受光アレイ素子の断面正面図である。

#### 【図 2】

図 1 の受光アレイ素子の底面図である。

#### 【図 3】

図 1 の受光アレイ素子を製造する各工程を示す製造工程図である。

#### 【図 4】

図 1 の受光アレイ素子を用いた受光モジュールの分解斜視図（a）と、受光モジュールと光コネクタとの接続構造を示す平面図（b）である。

【図 5】

本発明の他の実施形態に係る受光アレイ素子を示す断面正面図である。

【図 6】

従来の受光アレイ素子を示す断面正面図である。

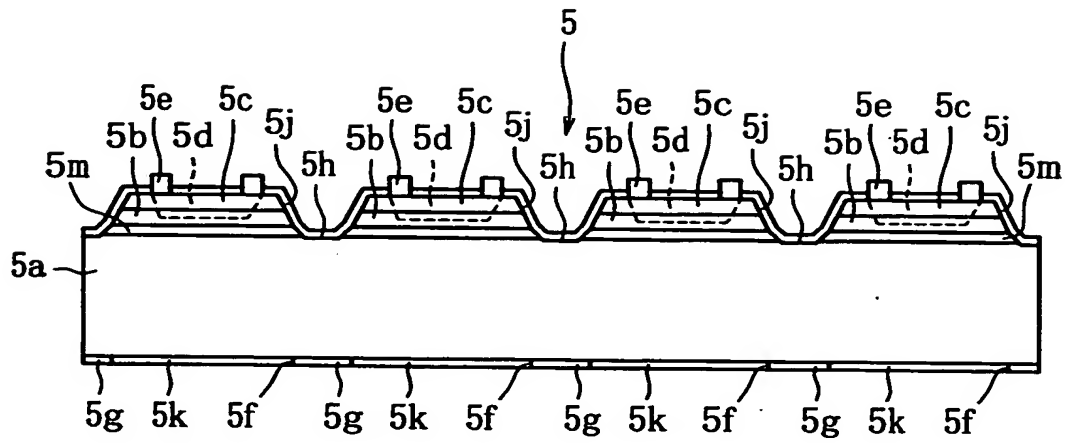
【符号の説明】

5	受光アレイ素子
5 a	基板
5 b	吸収層
5 c	クラッド層
5 d	受光領域
5 e	陽極（アノード）
5 f	開口
5 g	陰極
5 h	遮断溝
5 j, 5 k	反射防止層
5 m	バッファ層
7	受光アレイ素子
7 a	基板
7 b	吸収層
7 c	クラッド層
7 d	受光領域
7 e	陽極（アノード）
7 f	開口
7 g	陰極
7 m	バッファ層
1 0	受光モジュール
1 1	フェルルール

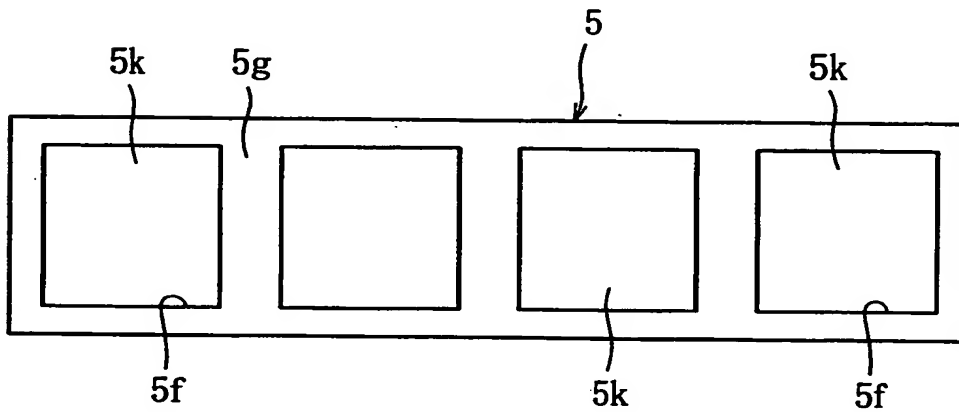
1 2	光ファイバ
1 3	光学ベンチ
1 4	配線部品
1 5	ボール
1 6	リードフレーム
2 0	光コネクタ
2 1	光ファイバ
2 2	光コネクタフェルール

【書類名】 図面

【図 1】

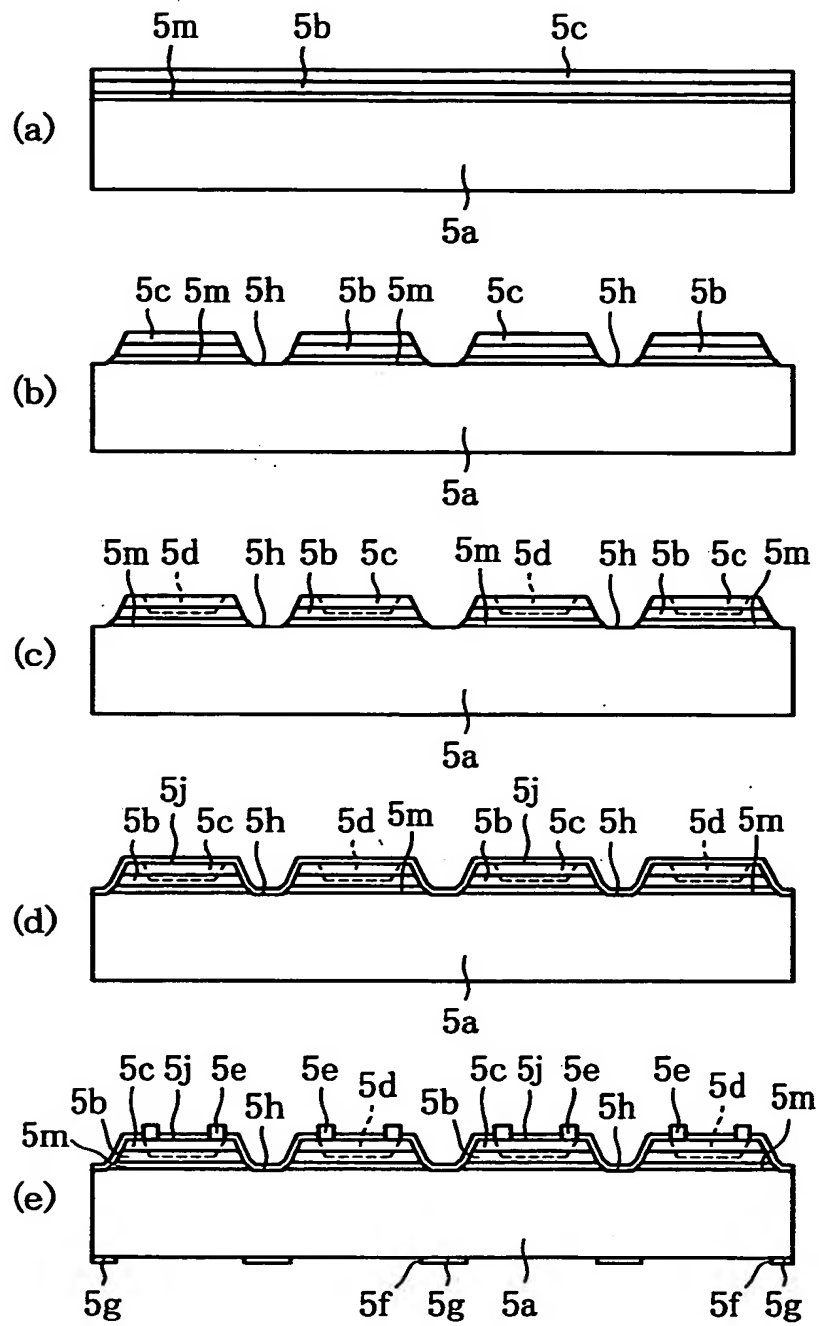


【図 2】

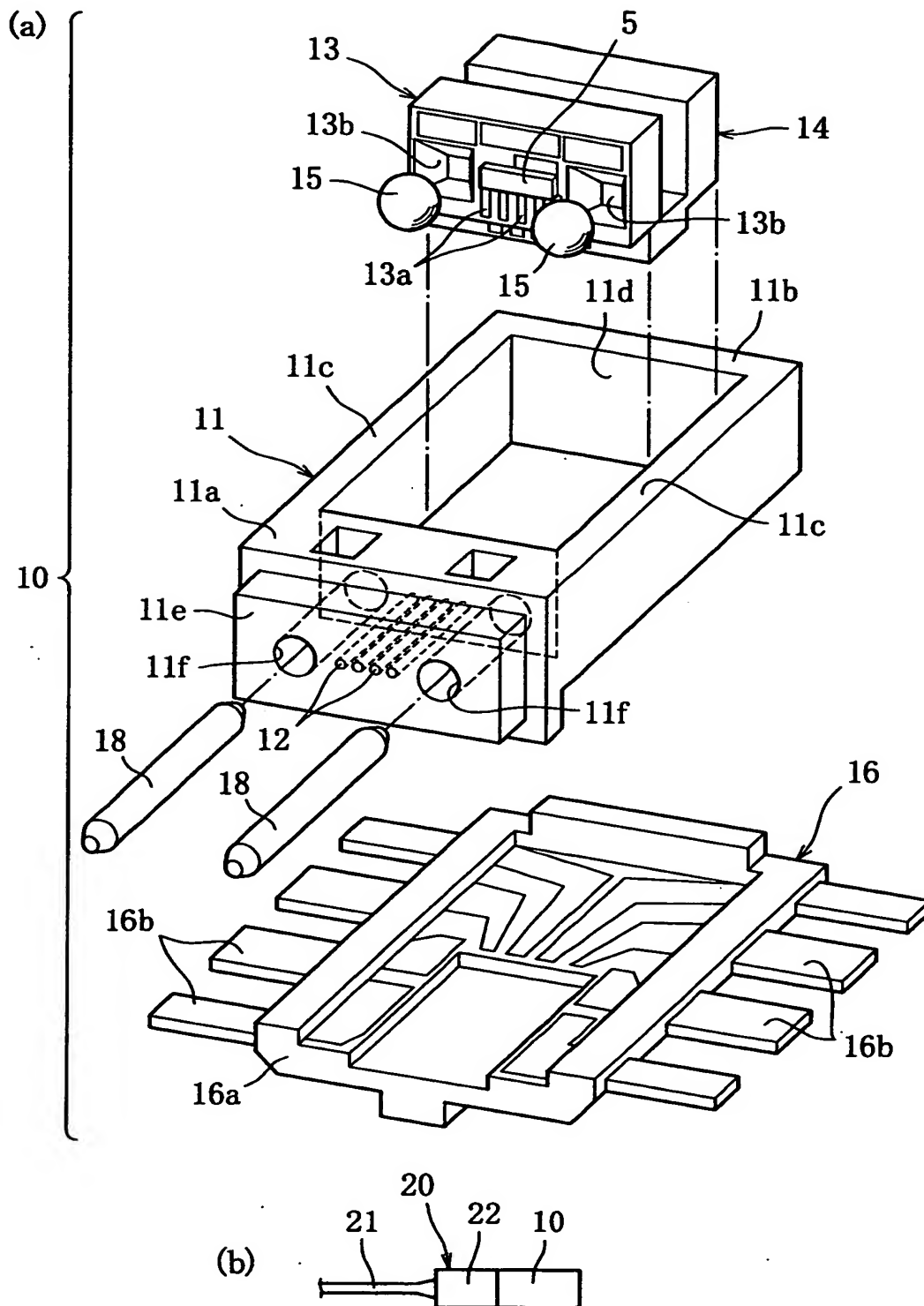




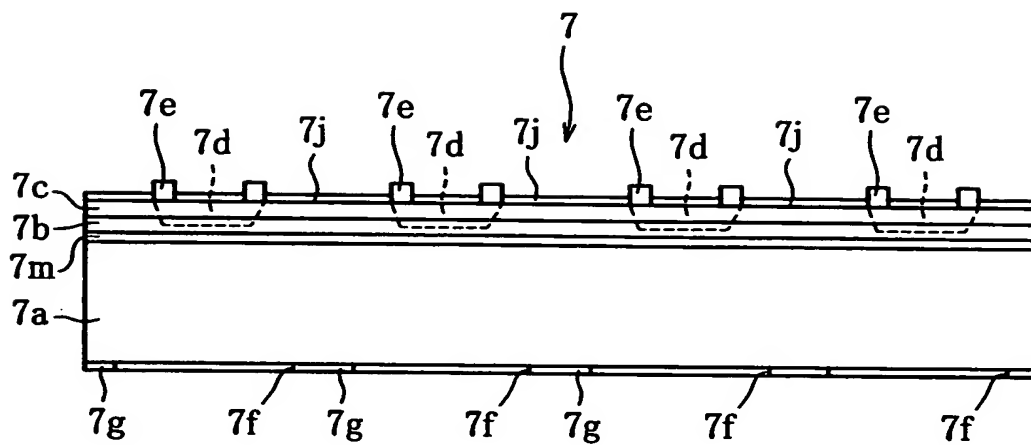
【図 3】



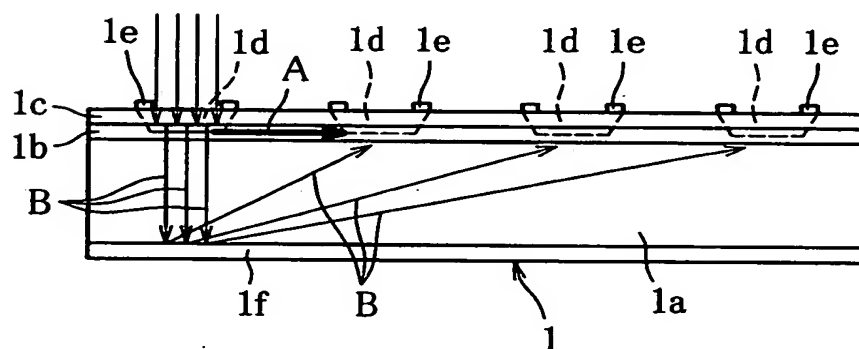
【図4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 隣接する受光領域間におけるクロストークの発生を抑制可能な受光アレイ素子、この受光アレイを備えた受光モジュール及び受光モジュールと光コネクタとの接続構造を提供する。

【解決手段】 単一の基板 5 a の一方の面に吸収層 5 b 及びクラッド層 5 c が形成されると共にクラッド層にアノード 5 e が、他方の面にカソード 5 g が、それぞれ形成され、複数の受光領域 5 d を有する受光アレイ素子 5、受光モジュール 10 及び受光モジュール 10 と光コネクタとの接続構造。受光アレイ素子 5 は、一方の面に、隣接する受光領域 5 d 間における光の伝播を遮断する遮断溝 5 h が、吸収層 5 b を分断する位置まで形成されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005290]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

氏 名 古河電気工業株式会社